

И.И. ОБОД, д-р техн. наук,
М.А.-Л. МАРИНЯК, А.А. ШЕРШНЕВА

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ОБНАРУЖЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ СОВМЕСТНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ

Надаються розрахунки показників якості виявлення та вимірювання азимуту об'єктів у спільних інформаційних системах, які утворені системами первинної та вторинної радіолокації.

The calculations of quality indexes of objects azimuth measuring in the combine informational system, which formed by systems of primary and secondary radiolocation are given.

Постановка проблемы и анализ литературы. Опыт ведущих стран мира свидетельствует, что в них уже довольно длительный срок существуют национальные единые системы контроля использования воздушного пространства как войсковой, так и гражданской авиацией. Одной из составляющих системы контроля использования воздушного пространства является единая информационная сеть, на базе существующих и перспективных систем наблюдения (СН) воздушного пространства [1 – 3]. Это естественная эволюция разрозненных информационных систем (ИС). Такая эволюция мотивируется возможностью слияния большего объема данных, получаемых ИС, работающими как независимо друг от друга, так и по совместному излучающему сигналу и обладающими до некоторой степени взаимодополняющими возможностями. Задача состоит в точном отображении окружающей обстановки и своевременном обнаружении изменений в ней. Такое сопровождение воздушных объектов (ВО) представляет собой общеизвестную системную концепцию, доказавшую свою полезность при решении как гражданских, так и военных прикладных задач практически во всех развитых государствах. Сетевому построению СН уделяется значительное внимание [3 – 5]. Существующие системы наблюдения образованы, как правило, системами первичной и вторичной радиолокации, что предполагает синхронные обзор и обработку поступающей информации. В [6] проведен синтез оптимальных обнаружителей и измерителей координат ВО в совместных ИС при объединении информации на сигнальном уровне.

Цель работы. Исследование показателей качества обнаружения и измерения координат ВО в совместной информационной системе.

Основная часть. Как показано в [6], оптимальный по критерию Неймана-Пирсона алгоритм обнаружения ВО в совместной ИС, сводится к:

– оптимальному, по критерию Неймана-Пирсона, межканальному обнаружению сигналов в совместной ИС, которые образованы на основе весового суммирования единиц и нулей, отражающих принятые в каналах обработки предварительные решения;

– оптимальному или квазиоптимальному, по критерию Неймана-Пирсона, обнаружению воздушных объектов совместной информационной системой на основе обнаружения пачки сигналов [7].

Весовые коэффициенты при межканальном обнаружении повышают роль того канала, где более вероятно правильное предварительное решение, т.е. где выше вероятность обнаружения и ниже вероятность ложной тревоги. Кроме того, учитывается влияние коэффициента готовности (КГ) самолетного ответчика (СО) [8, 9] во вторичном канале.

Таким образом, при реализации оптимальных алгоритмов обнаружения сигналов в совместных ИС весовые коэффициенты зависят как от отношения сигнал/шум в разных каналах обработки, так и от КГ СО.

Следует заметить, что выбор решающего правила при совместном обнаружении сигналов совместных ИС должен определяться не только требованиями наилучшего обнаружения сигналов в таких системах. В некоторых случаях требуется ужесточение решающего правила, хотя при этом ухудшающие характеристики обнаружения могут ухудшаться. Ужесточение решающего правила требуется, в частности, при использовании сигналов совместных ИС для более точного определения координат ВО.

Для совместных ИС обнаружитель сигналов является двухканальным и, следовательно, обнаружитель ВО может быть реализован по следующим схемам [7]:

- обнаружители сигналов первичного и вторичного канала, элемент объединения (совпадения) и обнаружитель пачки сигналов;
- обнаружители сигналов первичного и вторичного канала, обнаружители пачки сигналов в каждом канале и элемент объединения (совпадения).

Анализ эффективности рассматриваемых вариантов обнаружения ВО проанализируем с учетом конечного результата, а именно, обнаружения ВО. При этом используем известные правила обнаружения ВО по пачке двоично-квантованных сигналов, снимаемых с выхода рассмотренного выше обнаружителя. Будем рассматривать случай одинаковых значений отношений $s/\text{ш } q_i$, $i = \overline{1, 2}$ для сигналов как первичного, так и вторичного каналов совместной ИС. При таком рассмотрении вопроса во всех каналах обнаружителя должны быть одинаковые относительные пороги. Этим обеспечивается одинаковая вероятность ложной тревоги $F_i = F_o$.

Одинаковыми будут и вероятности обнаружения $D_i = D_o$, $i = \overline{1, 2}$. В этих условиях для независимых флуктуаций амплитуд оптимальным решающим правилом для совместной обработки является правило " k из m ".

При малом числе каналов обработки, что нами и рассматривается, оптимальное, в смысле обнаружения, правило "1 из 2". На рис. 1 приведены кривые обнаружения ВО первого D_{1i} и второго D_{2i} рассматриваемых обнаружителей. Как следует из представленных зависимостей, первый

обнаружитель имеет некоторые преимущества по сравнению со вторым, в частности выигрыш в пороговом отношении с/ш составляет 0,8 дБ.

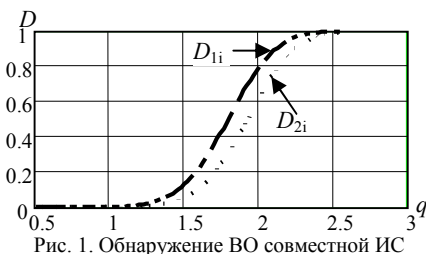


Рис. 1. Обнаружение ВО совместной ИС

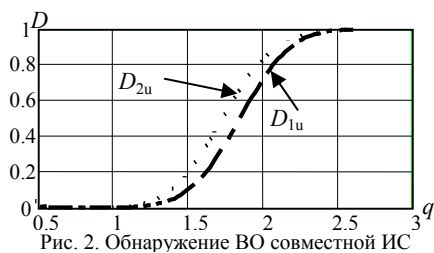


Рис. 2. Обнаружение ВО совместной ИС

Кривые обнаружения при реализации принципа совпадения одиночных сигналов представлены на рис. 2. Как следует из рис. 2, первый обнаружитель имеет несколько худшие характеристики (проигрыш в пороговом отношении с/ш составляет 0,75 дБ) по сравнению со вторым. Однако следует учитывать, что реализация единой информационной сети на базе существующих СН практически исключает возможность использования этого режима.

Как отмечено нами выше, на совместные характеристики обнаружения существенным образом влияет КГ СО. На рис. 3 представлен вклад КГ СО на совместные характеристики обнаружения ВО. Расчеты были проведены при фиксированной вероятности обнаружения ВО, равной $D = 0,8$. При этом цифрами 1 и 3 обозначены потери в первом обнаружителе при реализации принципа объединения и совпадения соответственно, а цифрами 2 и 4 – для второго обнаружителя. Анализ рис. 3 показывает, что при реализации принципа объединения первый обнаружитель имеет несколько меньшую зависимость потерь от КГ при $КГ > 0,7$ по сравнению со вторым. При реализации принципа совпадения второй обнаружитель имеет несколько меньшие потери в показателях качества обнаружения в зависимости от КГ по сравнению с первым обнаружителем.

На рис. 4. представлена оценка точности измерения азимута ВО в совместных ИС для первичного (п), вторичного (в) каналов и суммарная для рассматриваемой ИС (с), где $\Delta\beta$ – разность азимута между соседними импульсами излучения. Расчеты проведены при отношении сигнал/шум первичного и вторичного каналов равном 0,5. Представленные зависимости указывают на улучшение точности измерения азимута ВО в совместных ИС.

На рис. 5 представлены зависимости коэффициента выигрыша ($\mu = \sigma_{\beta n} / \sigma_{\beta b}$) в точности измерения азимута ВО при совместном использовании сигналов в ИС (один канал – I, два канала – II). Представленные зависимости показывают существенную зависимость выигрыша от коэффициента готовности самолетного ответчика. В частности, как следует из рис. 5 при $P_o \leq 0,3$ использование информации вторичного канала неэффективно.

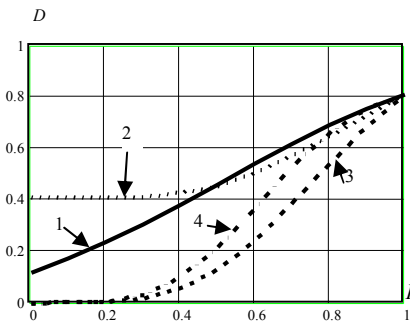


Рис. 3. Влияние КГ СО на обнаружение ВО

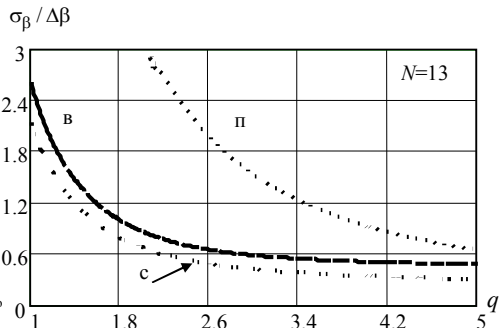


Рис. 4. Точность измерения азимута в совместной ИС

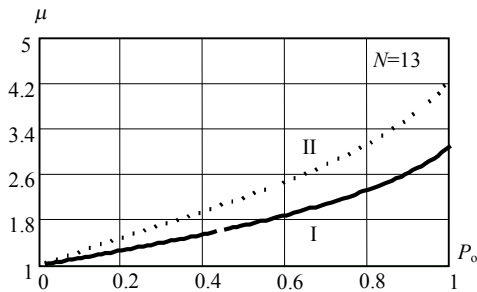


Рис. 5. Влияние КГ на точность измерения

Выводы. Представленные в работе расчеты показали повышение качества обнаружения и точности измерения азимута ВО совместной ИС. Таким образом, при построении единой информационной сети СН следует учитывать особенности обработки информации в совместных ИС.

Список литературы: 1. Теоретичні основи побудови завадозахищених систем інформаційного моніторингу повітряного простору / В.В. Ткачев, Ю.Г. Даник, С.А. Жуков, І.І. Обод, І.О. Романенко. – К.: МОУ, 2004. – 271 с. 2. Комплексне інформаційне забезпечення систем управління польотами авіації та протиповітряної оборони / В.В.Ткачев, Ю.Г.Даник, С.А. Жуков, І.І.Обод, І.О. Романенко. – К.: МОУ, 2004. – 342 с. 3. Фарина А., Студер Ф. Цифровая обработка радиолокационной информации. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с. 4. Farina A., Studer F.A. Radar Data Processing Introduction and Tracking. Vol.1. Research Studies Press. Letch worth England. – 1985. – P. 121-123. 5. Lok J.J. C² for the air warrior // Jane's International Defense Review. – October 1999. – V.2. – P. 53-59. 6. Обод І.І., Мариняк М.Л., Шершинева А.А. Обнаружение и измерение координат воздушных объектов в совместных системах наблюдения единой информационной сети. Тези доповідей 3-ї наукової конференції ХУПС. – Х.: ХУПС. – 2007. – С. 78. 7. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации. – М.: Радио и связь, 1986. – 453 с. 8. Обод І.І. Помехоустойчивые системы вторичной радиолокации. – М.: ЦИИТ, 1998. – 118 с. 9. Рысаков Н.Д., Павленко М.И. Принципы построения вторичных РЛС. – Харьков: ХВВАУРЭ, 1986. – 165 с.

Поступила в редакцию 01.10.2007